

Parcours PI & ME - Semestre S6
« Eléments de Physique Nucléaire »
Epreuve d'évaluation n°1

Durée : 90 mn

I/ : Energie de liaison

On considère les noyaux suivants : $^{20}_{10}\text{Ne}$; $^{64}_{30}\text{Zn}$; $^{120}_{50}\text{Sn}$; $^{232}_{90}\text{Th}$

- 1) Faire un calcul approximatif des énergies de liaison $B(A, Z)$ de ces noyaux.
- 2) Calculer l'énergie coulombienne W_c de ces noyaux (on prendra $W_c = 0,66 Z^2/A^{1/3}$ MeV)
- 3) Calculer la variation relative (en %) de l'énergie de liaison due à l'énergie coulombienne
Commentez ?

II/ : Energie de séparation

On donne les excès de masses atomiques $\Delta(A, Z)$ (en unité u) des isotopes de l'Etain :

$^{115}_{50}\text{Sn}$; $^{116}_{50}\text{Sn}$; $^{117}_{50}\text{Sn}$; $^{118}_{50}\text{Sn}$:

A	114	115	116	117	118
$\Delta(A, Z) = (M - A) \text{ en (u)}$	$-97,04 \cdot 10^{-3}$	$-96,47 \cdot 10^{-3}$	$-97,89 \cdot 10^{-3}$	$-96,21 \cdot 10^{-3}$	$-98,21 \cdot 10^{-3}$

- 1) Ecrire l'expression de l'énergie de séparation du neutron $S_n(A, Z)$ en fonction des excès de masses $\Delta(A, Z)$. Calculer S_n en MeV pour chacun de ces nuclides ($m_n = 1,008665$ u)
- 2) Quelles sont les conclusions que vous pouvez en tirer ?

III/ : Relation de B-W

- 1) Ecrire l'expression de la relation **Bethe-Weizsäcker** donnant l'énergie de liaison $B(A, Z)$ d'un noyau $X(A, Z)$ et donner brièvement la signification de chacun de ses termes.

On considère les excès de masse (Δm) de quelques isobares $A = 32$ (tableau ci-dessous) :

- 2) Quels sont les couples de noyaux miroirs ? Quel est le noyau le plus stable ? Pourquoi ?
- 3) A partir des énergies de liaison, calculer le rayon R de ces noyaux. En déduire R_0 rayon du proton ainsi que le coefficient a_c du terme coulombien [on donne $(m_n - m_H) c^2 = 0,790$ MeV et $(R_0 \cdot a_c) = 0,86$ MeV]

A= 32	Z		Δm (keV)
Aluminium	13	Al	-11062
Silicium	14	Si	-24081
Phosphore	15	P	-24036
Soufre	16	S	-26016
Chlore	17	Cl	-13330
Argon	18	Ar	-2180

s'opère le diagramme d'Astonne.

$$\frac{B(A,Z)}{A} = \text{cste} = 8,5 \text{ MeV/nucleon}$$

$$B_1 = 170 \text{ MeV}$$

$$B_2 = 544 \text{ MeV}$$

$$B_3 = 1020 \text{ MeV}$$

$$B_4 = 1972 \text{ MeV}$$

- Energie W_c ??

$$W_{c1} = 24,3 \text{ MeV}$$

$$W_{c2} = 148,5 \text{ MeV}$$

$$W_{c3} = 334,5 \text{ MeV}$$

$$W_{c4} = 870 \text{ MeV}$$

- Energie de Liaisons après

$$B_1 = 170 - 24,3 = 145,7 \text{ MeV}$$

$$B_2 = 544 - 148,5 = 395,5 \text{ MeV}$$

$$B_3 = 1020 - 334,5 = 685,5 \text{ MeV}$$

$$B_4 = 1972 - 870 = 1102 \text{ MeV}$$

$$\left\{ \rightarrow \Delta(\%) = \begin{cases} \frac{170 - 146}{170} \approx 12\% \\ \frac{544 - 400}{544} = 26\% \\ - \approx 33\% \\ - \approx 44\% \end{cases} \right.$$

$B(A,Z)$ diminue à cause W_c .

L'énergie de liaison est diminuée

à cause de l'énergie coulombienne.

La perte d'énergie ^{de liaison} augmente lorsque l'énergie coulombienne augmente.

EX 2

$$S_n(A,Z)?? \quad {}_Z^AX \rightarrow {}_Z^{A-1}X + n$$

$$\Delta(A,Z) = M(A,Z) - A$$

$$\Delta(A,Z) = M(A,Z) - [M(A-1,Z) + M(n)] - \Delta(A,Z)$$

$$\begin{aligned} S_n(116) &= 7,23 \text{ MeV} \\ S_n(117) &= 7,48 \text{ MeV} \\ S_n(118) &= 9,255 \text{ MeV} \\ S_n(120) &= 9,246 \text{ MeV} \end{aligned}$$

29 Pour arracher un neutron il faut fournir une énergie $\Rightarrow$ Ces isotopes sont probablement stables.

* Ces isotopes sont stables car $\frac{S_n}{A} \approx \frac{B}{A}$

* A est impaire, on doit fournir une petite énergie pour arracher un neutron $\Rightarrow$ On observe l'effet d'appariement.

EX 3

1 - Voir cours.

$$2 - ({}_{15}^{30}\text{P}, {}_{17}^{32}\text{Cl}); ({}_{14}^{32}\text{Si}, {}_{12}^{32}\text{Ar})$$

$$B(A,Z) = Z(M_H - 1) + N(m_n - 1) - \Delta$$

$$B(A,Z) \nearrow \text{ pd } |A| \nearrow$$

$\Rightarrow$ S est plus stable

$B(A,Z)$ plus grand

pair-pair effet d'appariement

$N=Z$ ce noyau se trouve au vallée de stabilité.

Zus unités:

$$1 \text{ Fermi} = 10^{-15} \text{ m}$$

$$1 \text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

la masse sera voisine du nbr de masse A

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joules}$$

$$1 \text{ u} = 931,9 \text{ MeV}/c^2$$

Les rayons des α varie entre:
1 Fermi $\rightarrow$ 7 Fermi
(P) (noyau)

Parcours PI & ME - Semestre S6 « Eléments de Physique Nucléaire »
Epreuve d'évaluation n°II

Durée : 90 mn

Question de cours :

- Etablir les conditions d'instabilités par émission β^+ d'un noyau $X(A, Z)$ en fonction des masses atomiques des noyaux père et fils. $M(A, Z) - M(A, Z-1) > 2m_e c^2$
- Pour quelles raisons faut-il prendre en compte le neutrino dans ces désintégrations ?

Exercice 1

- 1) Le ^{82}Br ($Z=35$) émet des β^- d'énergie cinétique maximale $T_{\beta\text{max}} = 0,456 \text{ MeV}$. Ces β^- sont émis en coïncidence avec des γ d'énergie $E_\gamma = 2,62 \text{ MeV}$.
- Faites le schéma de désintégration $\text{Br} \rightarrow \text{Kr} + e^- + \bar{\nu}_e$; $\text{Br} \rightarrow \text{Kr} + \gamma + e^- + \bar{\nu}_e$
- Calculez la masse atomique du noyau fils Kr (Krypton). [$M(^{82}\text{Br}) = 81,91679 \text{ uma}$]
- 2) Les β^- de désintégration de ^{141}Ce ($Z=58$) sont émis avec des énergies cinétiques maxima $T_{\beta\text{max}} = 0,435 \text{ MeV}$ et $T'_{\beta\text{max}} = 0,58 \text{ MeV}$. L'expérience montre que 30% des β^- sont émis en coïncidence avec des γ d'énergie $E_\gamma = 0,145 \text{ MeV}$ et qu'il n'existe pas d'autre γ .
a) Ecrire le schéma de désintégration et le commenter $\text{Ce} \rightarrow \text{Pr} + e^- + \bar{\nu}_e + \gamma$
b) Calculer la masse de l'atome ^{141}Ce . (Masse atomique de $^{141}\text{Pr} = 140,90759 \text{ u}$)

Exercice 2

Le plutonium ^{238}Pu ($Z=94$) se désintègre par émission alpha α en uranium U . Cette désintégration est suivie par l'émission d'un photon gamma d'énergie $E_\gamma = 0,4 \text{ MeV}$

- 1) Déterminer l'énergie Q_α libérée par la désintégration. $Q_\alpha = T_\alpha + E_\gamma$
- 2) Etablir les expressions de T_α , énergie cinétique des alphas émis et de T_r , énergie de recul du noyau fils. Calculer les valeurs de T_α et T_r (en MeV) [On donne les masses atomiques: $M(^{238}\text{Pu}) = 238,04955 \text{ u}$; $M(^{234}\text{U}) = 234,04095 \text{ u}$; $M(\alpha) = 4,002603 \text{ u}$]

Radioactivité

- 1) Une source radioactive d'iode-131 de masse $m = 0,1 \text{ mg}$ présente une activité $A = 460 \cdot 10^9 \text{ Bq}$. Calculer la période radioactive $T_{1/2}$ de l'Iode-131.
- 2) On prélève parmi les restes d'une barque ancienne, un échantillon de bois. La mesure de l'activité de cet échantillon donne $A_1 = 1307$ désintégrations par minute (dpm). La même mesure, sur un morceau de bois actuel et de même masse, donne une activité $A_2 = 1720 \text{ dpm}$. Déterminer l'âge de la barque

Exercice III

La loi d'atténuation des rayonnements gamma dans un milieu donné s'écrit :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

$$\mu = \frac{0.693}{x_{1/2}}$$

1) Donner la signification et les unités de chacun des termes de la relation

2) Un faisceau de rayons gamma d'énergie $E_\gamma = 0,6 \text{ MeV}$, d'intensité 10^8 photons/seconde traverse un écran M d'épaisseur $x = 4 \text{ mm}$ et de coefficient d'atténuation linéaire égal à $1,4 \text{ cm}^{-1}$,

a) Quelle est l'énergie des photons sortant de l'écran ?

b) Quelle est l'intensité du faisceau après la traversée de l'écran ? $I = I_0 e^{-\mu x}$

3) La couche de demi-atténuation (CDA) du plomb pour des gammas de $1,25 \text{ MeV}$ est de 1 cm . Calculer l'épaisseur de plomb nécessaire pour réduire l'intensité du faisceau gamma d'un facteur 1000.

$$\begin{cases} x_{1/2} = 1 \text{ cm} \\ E_\gamma = 1,25 \\ 1000 = \end{cases}$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$-\log \frac{I}{I_0} = \mu x$$

$$\frac{0.693}{x_{1/2}} = \mu$$

$$x = 4$$

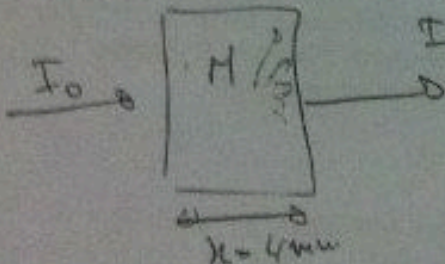
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$E_\gamma = 0,6 \text{ MeV}$$

$$I_0 = 10^8$$

$$I = 1000 I_0$$

$$\frac{I}{I_0} = 1000$$



$$E_\gamma =$$

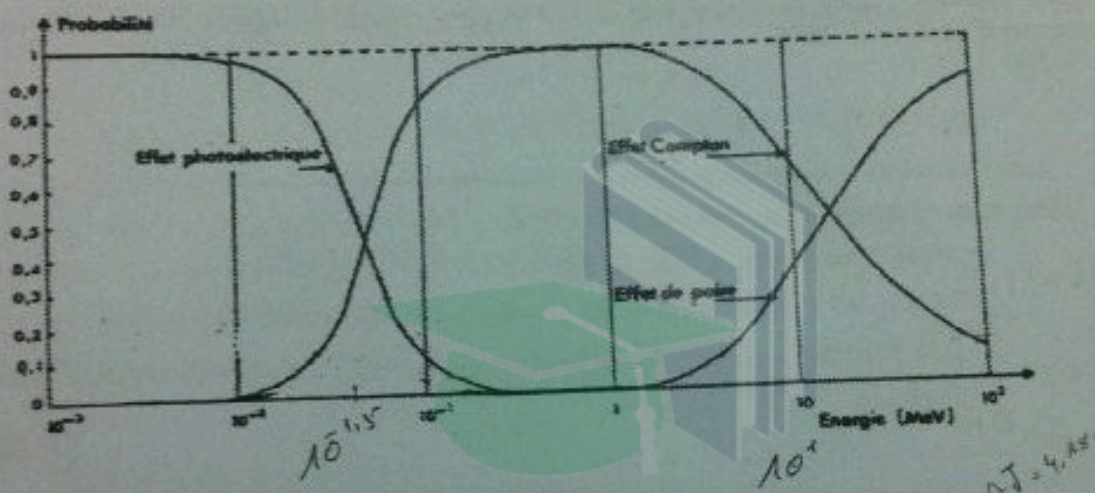
$$ATL = 1,4 \text{ cm}^{-1}$$

SMP6 -ME & PI - Physique Nucléaire - Evaluation III

I) Questions de cours

A / Décrire les trois principaux mécanismes d'interaction des photons gamma avec la matière. Donner un schéma pour chacun d'eux.

B / Commenter brièvement la figure ci-dessous :



Exercice I /

Un photon a une longueur d'onde $\lambda = 0,1 \text{ nm}$.

- Calculer son énergie en keV (on donne la constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$)
- Ce photon expulse par effet photoélectrique un électron d'énergie de liaison $E_L = 100 \text{ eV}$. Quelle est l'énergie cinétique de l'électron expulsé ?

Exercice II /

- Peut-on obtenir l'effet Compton avec de la lumière visible ($400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$) ? Justifier votre réponse.
- L'énergie $h\nu'$ du photon diffusé par effet Compton dans la direction θ en fonction de l'énergie du photon incident $h\nu$ est donnée par :

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)} \quad \text{avec} \quad \alpha = \frac{h\nu}{m_0 c^2} \quad (m_0 c^2 = 511 \text{ keV})$$

- Etablir l'expression du déplacement Compton $\Delta\lambda$ dans la direction θ
- Comparer la variation maximale de longueur d'onde en diffusion Compton sur un électron libre de masse m_0 , avec celle sur un proton au repos ($M_p = 1836 m_0$)

Handwritten notes and calculations:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

$$\Delta\lambda = \frac{h}{M_p c} (1 - \cos \theta)$$

Comparison: $\Delta\lambda_{\text{electron}} \gg \Delta\lambda_{\text{proton}}$

Epreuve d'évaluation n°1
« Eléments de Physique Nucléaire »
Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours :

Etablir les conditions d'instabilité d'un noyau X (A, Z) par émission β^+ et par CE.

Exercice 1 :

Les masses atomiques des noyaux $^{15}_7\text{N}$, $^{15}_8\text{O}$ et $^{16}_8\text{O}$ sont respectivement de 15.0001 u, 15.0030 u et 15.9949 u.

- 1) Déterminer l'énergie de liaison par nucléon de $^{16}_8\text{O}$
- 2) Quelle est l'énergie nécessaire pour enlever un proton de $^{16}_8\text{O}$?
- 3) Quelle est l'énergie nécessaire pour enlever un neutron de $^{16}_8\text{O}$?

Masses atomiques : $m_p = 1,00727 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_e = 5,485 \cdot 10^{-4} \text{ u}$

Exercice 2

L'isotope $^{90}_{39}\text{Y}$ peut se désintégrer en $^{90}_{40}\text{Zr}$ de deux façons : soit en libérant un électron de 2,284 MeV (99,98% des cas), soit en libérant un électron de 0,523 MeV suivi d'un photon.

Construire et commenter le schéma de désintégration de $^{90}_{39}\text{Y}$

Exercice 3

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ se désintègre par émission α en donnant un isotope du plomb (Pb).

On désigne par M_{Po} , M_{Pb} et M_{α} les masses atomiques respectives et par T_r et T_{α} les énergies cinétiques du noyau fils Pb et de la particule α émise.

- 1) Ecrire l'équation de cette désintégration $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + \alpha$

- 2) Calculer en MeV, l'énergie Q_{α} libérée par cette désintégration, $Q_{\alpha} = [M_{\text{Po}} - (M_{\text{Pb}} + M_{\alpha})]c^2 = T_{\alpha}$

- 3) Les vitesses V_r du noyau fils et V_{α} de la particule α sont telles que : $V_r M_{\text{Pb}} = V_{\alpha} M_{\alpha}$

En déduire l'expression de l'énergie cinétique T_r du noyau fils en fonction de l'énergie T_{α} et des masses M_{α} et M_{Pb} .

- 4) Calculer T_{α} en MeV si la désintégration se fait avec émission de photons gamma de 2.2 MeV

Masses atomiques : $M_{\text{Po}} = 209,98285 \text{ u}$; $M_{\text{Pb}} = 205,97445 \text{ u}$; $M_{\alpha} = 4,001150 \text{ u}$

Epreuve d'évaluation n°I
« Eléments de Physique Nucléaire »
Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours :

Etablir les conditions d'instabilité d'un noyau X (A, Z) par émission β^+ et par CE.

Exercice 1 :

Les masses atomiques des noyaux $^{15}_7\text{N}$, $^{15}_8\text{O}$ et $^{16}_8\text{O}$ sont respectivement de 15.0001 u, 15.0030 u et 15.9949 u.

- 1) Déterminer l'énergie de liaison par nucléon de $^{16}_8\text{O}$.
- 2) Quelle est l'énergie nécessaire pour enlever un proton de $^{16}_8\text{O}$?
- 3) Quelle est l'énergie nécessaire pour enlever un neutron de $^{16}_8\text{O}$?

Masses atomiques : $m_p = 1,00727 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_e = 5,485 \cdot 10^{-4} \text{ u}$

Exercice 2

L'isotope $^{90}_{39}\text{Y}$ peut se désintégrer en $^{90}_{40}\text{Zr}$ de deux façons : soit en libérant un électron de 2,284 MeV (99,98% des cas), soit en libérant un électron de 0,523 MeV suivi d'un photon.

Construire et commenter le schéma de désintégration de $^{90}_{39}\text{Y}$

Exercice 3

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ se désintègre par émission α en donnant un isotope du plomb (Pb).

On désigne par M_{Po} , M_{Pb} et M_{α} les masses atomiques respectives et par T_r et T_{α} les énergies cinétiques du noyau fils Pb et de la particule α émise.

- 1) Ecrire l'équation de cette désintégration
- 2) Calculer en MeV, l'énergie Q_{α} libérée par cette désintégration,
- 3) Les vitesses V_r du noyau fils et V_{α} de la particule α sont telles que : $V_r M_{\text{Pb}} = V_{\alpha} M_{\alpha}$

En déduire l'expression de l'énergie cinétique T_r du noyau fils en fonction de l'énergie T_{α} et des masses M_{α} et M_{Pb} .

- 4) Calculer T_{α} en MeV si la désintégration se fait avec émission de photons gamma de 2.2 MeV

Masses atomiques : $M_{\text{Po}} = 209,98285 \text{ u}$; $M_{\text{Pb}} = 205,97445 \text{ u}$; $M_{\alpha} = 4,001150 \text{ u}$

Epreuve de Physique Nucléaire »
Evaluation n°2
Parcours PI & ME - Semestre S6

Question de cours

On considère la filiation à deux corps $X_1 \xrightarrow{\lambda_1} X_2 \xrightarrow{\lambda_2} S$

Les constantes de désintégrations de X_1 et X_2 sont λ_1 et λ_2 et on désigne par $N_1(t)$ et $N_2(t)$ le nombre de noyaux X_1 et X_2 présents à l'instant t (on suppose qu'à l'instant $t_0 = 0$, $N_1 = N_0$ et $N_2 = N_S = 0$)

Etablir l'équation qui donne $N_2(t)$ en fonction de N_0 , λ_1 et λ_2 ?

Exercice 1

Le noyau de cuivre $^{64}\text{Cu}_{29}$ se désintègre par émission β^- , β^+ et CE. Les pourcentages de désintégrations pour chaque voie sont de 39%, 19,3% et 41,1%. La période T du ^{64}Cu est égale à 12,699 heures.

- 1) Calculer la constante de désintégration totale λ et les constantes partielles λ_{β^-} , λ_{β^+} , λ_{CE} .
- 2) Etablir les expressions donnant les nombres de noyaux de cuivre qui se sont désintégrés par β^- , β^+ et CE entre $t = 0$ et $t = 30$ mn.
- 3) En partant d'une source de Cu de 2,5 mCi, calculer le nombre de particules β^- émises par cette source en une seconde.
- 4) Pour une source de 5 mCi, calculer le rapport des activités partielles correspondant aux désintégrations β^+ et CE

$A_{\text{Cu}} = 3.7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$

Exercice 2

Le tritium ^3H est un isotope radioactif de l'hydrogène, de période $T = 12$ ans. On dispose d'un prélèvement de 2,2 mg d'eau de pluie tritiée, $^3\text{H}_2\text{O}$

- 1) Calculer son activité A en Bq et en Curie (Ci)
- 2) Un échantillon est prélevé dans une nappe d'eau souterraine. Son activité est trois fois plus faible que celle de l'eau de pluie. De quand date l'eau de la nappe souterraine ?

Exercice 3

Un faisceau de rayonnement gamma (γ) d'énergie $E_\gamma = 1,6 \text{ MeV}$, arrive sur une feuille d'or ($^{197}_{79}\text{Au}$). A la sortie de la feuille on détecte des électrons d'énergie $E_e = 0,7 \text{ MeV}$.

En supposant que ces électrons ne sont pas rediffusés et qu'ils ne perdent aucune énergie par rayonnement de freinage:

- 1) A quel effet sont-ils dus: A l'effet Photoélectrique, la Création de Paire ou à l'effet Compton ? Expliquez pourquoi.
- 2) Dans quelle direction θ ces électrons sont-ils émis ?

On donne l'énergie de liaison de la couche K dans l'or : $E_K = 82,7 \text{ keV}$

$1,6 < E_\gamma < 2 \times 0,511 \text{ MeV}$

Epreuve de Physique Nucléaire »

Evaluation n°2

Parcours PI & ME - Semestre S6

Question de cours

On considère la filiation à deux corps $X_1 \xrightarrow{\lambda_1} X_2 \xrightarrow{\lambda_2} S$

Les constantes de désintégrations de X_1 et X_2 sont λ_1 et λ_2 et on désigne par $N_1(t)$ et $N_2(t)$ le nombre de noyaux X_1 et X_2 présents à l'instant t (on suppose qu'à l'instant $t_0 = 0$, $N_1 = N_0$ et $N_2 = N_S = 0$)

Etablir l'équation qui donne $N_2(t)$ en fonction de N_0 , λ_1 et λ_2 ?

Exercice 1

Le noyau de cuivre $^{64}\text{Cu}_{29}$ se désintègre par émission β^- , β^+ et CE. Les pourcentages de désintégrations pour chaque voie sont de 39%, 19,3% et 41,1%. La période T du ^{64}Cu est égale à 12,699 heures.

- 1) Calculer la constante de désintégration totale λ et les constantes partielles λ_{β^-} ; λ_{β^+} ; λ_{CE} .
- 2) Etablir les expressions donnant les nombres de noyaux de cuivre qui se sont désintégrés par β^- , β^+ et CE entre $t = 0$ et $t = 30$ mn.
- 3) En partant d'une source de Cu de 2,5 mCi, calculer le nombre de particules β^- émises par cette source en une seconde.
- 4) Pour une source de 5 mCi, calculer le rapport des activités partielles correspondant aux désintégrations β^+ et CE

Exercice 2

Le tritium ^3H est un isotope radioactif de l'hydrogène, de période $T = 12$ ans. On dispose d'un prélèvement de 2,2 mg d'eau de pluie tritiée, $^3\text{H}_2\text{O}$

- 1) Calculer son activité A en Bq et en Curie (Ci)
- 2) Un échantillon est prélevé dans une nappe d'eau souterraine. Son activité est trois fois plus faible que celle de l'eau de pluie. De quand date l'eau de la nappe souterraine ?

Exercice 3

Un faisceau de rayonnement gamma (γ) d'énergie $E_\gamma = 1,6$ MeV, arrive sur une feuille d'or ($^{197}_{79}\text{Au}$). A la sortie de la feuille on détecte des électrons d'énergie $E_e = 0,7$ MeV.

En supposant que ces électrons ne sont pas rediffusés et qu'ils ne perdent aucune énergie par rayonnement de freinage:

- 1) A quel effet sont-ils dus: A l'effet Photoélectrique, la Création de Paire ou à l'effet Compton ? Expliquez pourquoi.
- 2) Dans quelle direction θ ces électrons sont-ils émis ?

On donne l'énergie de liaison de la couche K dans l'or : $E_K = 82,7$ keV

Examen de rattrapage

Epreuve de Physique Nucléaire - Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours

- A) Quels sont les différents modes de perte d'énergie d'une particule chargée dans un milieu ralentisseur ?
B) Le pouvoir d'arrêt S pour une particule chargée lourde est donné par la formule de Bethe :

$$S = -\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4 N Z}{m_0 V^2} \ln \frac{2m_0 V^2}{I}$$

- 1) Donnez la signification des différents paramètres de cette formule
- 2) En négligeant le terme en logarithme, montrez que :
 - a) S est inversement proportionnel à l'énergie E de la particule chargée
 - b) pour deux particules (1) et (2) de même vitesse on a $S_1/S_2 = (z_1/z_2)^2$
 - c) pour deux particules de même énergie E et de masse M_1 et M_2 ,

$$\frac{S_1}{S_2} \propto \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \approx \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$$

Problème 1

On considère des noyaux isobares $X(A, Z)$ et $Y(A, Z-1)$, de masses atomiques M_X et M_Y , tels que le nombre de protons de l'un soit égal au nombre de neutrons de l'autre (noyaux miroirs). B_X et B_Y sont les énergies de liaison respectives de ces noyaux

- 1-) Exprimer la différence d'énergie $\Delta M = (M_X - M_Y).c^2$ en fonction des masses M_H , M_n de l'hydrogène et du neutron, et de B_X et B_Y .
- 2-) On désigne par W_X et W_Y les énergies coulombiennes de X et Y . Etablir l'expression de la différence d'énergie $\Delta W_c = (W_X - W_Y)$.
- 3-) Montrez que si l'interaction forte est indépendante de la charge des nucléons, alors ΔM ne dépend que de ΔW_c et de $(M_H - M_n)$.

Problème 2

Le ^{22}Na de période $T = 2.6$ ans, se désintègre vers le premier état excité du Néon (^{22}Ne) à 1.27 MeV, soit par émission β^+ (dans 90% des cas) soit par capture électronique CE (10% des cas).

- 1) Quelle est la constante de désintégration partielle λ_{CE} et la période T_{CE} de la capture ?
- 2) Les excès de masse atomique du ^{22}Na et ^{22}Ne sont respectivement de -5.183 MeV et -8.025 MeV.
 - a) Calculer l'énergie de désintégration Q_{CE} .
 - b) En déduire l'énergie T_ν et la longueur d'onde λ des neutrinos émis dans cette capture (on néglige le recul du noyau fils)
- 3) Estimer l'énergie $T_{\beta_{\max}}$ des e^+ émis lors de la transition β^+
- 4) Calculer l'énergie de recul du noyau de Néon après l'émission du γ de 1.27 MeV

Examen de rattrapage

Epreuve de Physique Nucléaire - Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours

- A) Quels sont les différents modes de perte d'énergie d'une particule chargée dans un milieu ralentisseur ?
B) Le pouvoir d'arrêt S pour une particule chargée lourde est donné par la formule de Bethe :

$$S = -\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4 N Z}{m_0 V^2} \ell n \frac{2m_e V^2}{I}$$

- 1) Donnez la signification des différents paramètres de cette formule
- 2) En négligeant le terme en logarithme, montrez que :
 - a) S est inversement proportionnel à l'énergie E de la particule chargée
 - b) pour deux particules (1) et (2) de même vitesse on a $S_1/S_2 = (z_1/z_2)^2$
 - c) pour deux particules de même énergie E et de masse M_1 et M_2 ,

$$\frac{S_1}{S_2} \propto \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \approx \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$$

Problème 1

On considère des noyaux isobares $X(A, Z)$ et $Y(A, Z-1)$, de masses atomiques M_X et M_Y , tels que le nombre de protons de l'un soit égal au nombre de neutrons de l'autre (noyaux miroirs). B_X et B_Y sont les énergies de liaison respectives de ces noyaux

- 1-) Exprimer la différence d'énergie $\Delta M = (M_X - M_Y).c^2$ en fonction des masses M_H , M_n de l'hydrogène et du neutron, et de B_X et B_Y .
- 2-) On désigne par W_X et W_Y les énergies coulombiennes de X et Y . Etablir l'expression de la différence d'énergie $\Delta W_c = (W_X - W_Y)$.
- 3-) Montrez que si l'interaction forte est indépendante de la charge des nucléons, alors ΔM ne dépend que de ΔW_c et de $(M_H - M_n)$.

Problème 2

Le ^{22}Na de période $T = 2.6$ ans, se désintègre vers le premier état excité du Néon (^{22}Ne) à 1.27 MeV, soit par émission β^+ (dans 90% des cas) soit par capture électronique CE (10% des cas).

- 1) Quelle est la constante de désintégration partielle λ_{CE} et la période T_{CE} de la capture ?
- 2) Les excès de masse atomique du ^{22}Na et ^{22}Ne sont respectivement de -5.183 MeV et -8.025 MeV.
 - a) Calculer l'énergie de désintégration Q_{CE} .
 - b) En déduire l'énergie T_ν et la longueur d'onde λ des neutrinos émis dans cette capture (on néglige le recul du noyau fils)
- 3) Estimer l'énergie T_{β^+} des e^+ émis lors de la transition β^+
- 4) Calculer l'énergie de recul du noyau de Néon après l'émission du γ de 1.27 MeV

Examen de rattrapage
Epreuve de Physique Nucléaire - Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours

- A) Quels sont les différents modes de perte d'énergie d'une particule chargée dans un milieu ralentisseur ?
B) Le pouvoir d'arrêt S pour une particule chargée lourde est donné par la formule de Bethe :

$$S = -\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4 N Z^2}{m_0 v^2} \ln \frac{2m_e v^2}{I}$$

1) Donnez la signification des différents paramètres de cette formule

2) En négligeant le terme en logarithme, montrez que :

a) S est inversement proportionnel à l'énergie E de la particule chargée

b) pour deux particules (1) et (2) de même vitesse on a $S_1/S_2 = (Z_1/Z_2)^2$

c) pour deux particules de même énergie E et de masse M_1 et M_2 ,

$$\frac{S_1}{S_2} \propto \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 = \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$$

$$S_1 = \frac{4\pi z_1^2 e^4 N Z^2}{m_0 v^2} \ln \frac{2m_e v^2}{I}$$

$$S_2 = \frac{4\pi z_2^2 e^4 N Z^2}{m_0 v^2} \ln \frac{2m_e v^2}{I}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{z_1^2}{z_2^2}$$

$$S_1 = \frac{4\pi z_1^2 e^4 N Z^2}{M_1 v^2} \ln \frac{2m_e v^2}{I}$$

$$S_2 = \frac{4\pi z_2^2 e^4 N Z^2}{M_2 v^2} \ln \frac{2m_e v^2}{I}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{M_2}{M_1} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$$

Problème 1

On considère des noyaux isobares $X(A, Z)$ et $Y(A, Z-1)$, de masses atomiques M_X et M_Y , tels que le nombre de protons de l'un soit égal au nombre de neutrons de l'autre (noyaux miroirs). B_X et B_Y sont les énergies de liaison respectives de ces noyaux

1-) Exprimer la différence d'énergie $\Delta M = (M_X - M_Y)c^2$ en fonction des masses M_H , M_n de l'hydrogène et du neutron, et de B_X et B_Y .

2-) On désigne par W_X et W_Y les énergies coulombiennes de X et Y . Etablir l'expression de la différence d'énergie $\Delta W_c = (W_X - W_Y)$.

3-) Montrez que si l'interaction forte est indépendante de la charge des nucléons, alors ΔM ne dépend que de ΔW_c et de $(M_H - M_n)$.

Problème 2

Le ^{22}Na de période $T = 2.6$ ans, se désintègre vers le premier état excité du Néon (^{22}Ne) à 1.27 MeV, soit par émission β^+ (dans 90% des cas) soit par capture électronique CE (10% des cas).

1) Quelle est la constante de désintégration partielle λ_{CE} et la période T_{CE} de la capture ?

2) Les excès de masse atomique du ^{22}Na et ^{22}Ne sont respectivement de -5.183 MeV et -8.025 MeV. a) Calculer l'énergie de désintégration Q_{CE} .

b) En déduire l'énergie T_ν et la longueur d'onde λ des neutrinos émis dans cette capture (on néglige le recul du noyau fils)

3) Estimer l'énergie $T_{\beta_{\max}}$ des e^+ émis lors de la transition β^+

4) Calculer l'énergie de recul du noyau de Néon après l'émission du γ de 1.27 MeV

Examen de rattrapage

Epreuve de Physique Nucléaire - Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de cours

- A) Quels sont les différents modes de perte d'énergie d'une particule chargée dans un milieu ralentisseur ?
B) Le pouvoir d'arrêt S pour une particule chargée lourde est donné par la formule de Bethe :

$$S = - \frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4 N Z}{m_e V^2} \ln \frac{2m_e V^2}{I}$$

- 1) Donnez la signification des différents paramètres de cette formule
2) En négligeant le terme en logarithme, montrez que :

- a) S est inversement proportionnel à l'énergie E de la particule chargée
b) pour deux particules (1) et (2) de même vitesse on a $S_1/S_2 = (Z_1/Z_2)^2$
c) pour deux particules de même énergie E et de masse M_1 et M_2 ,

$$\frac{S_1}{S_2} \propto \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 = \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$$

$$S_1 = \frac{4\pi z_1^2 e^4 N Z}{M_1 V^2} \quad S_2 = \frac{4\pi z_2^2 e^4 N Z}{M_2 V^2}$$

Problème 1

On considère des noyaux isobares $X(A, Z)$ et $Y(A, Z-1)$, de masses atomiques M_X et M_Y , tels que le nombre de protons de l'un soit égal au nombre de neutrons de l'autre (noyaux miroirs). B_X et B_Y sont les énergies de liaison respectives de ces noyaux

- 1-) Exprimer la différence d'énergie $\Delta M = (M_X - M_Y).c^2$ en fonction des masses M_H , M_n de l'hydrogène et du neutron, et de B_X et B_Y .
2-) On désigne par W_X et W_Y les énergies coulombiennes de X et Y . Etablir l'expression de la différence d'énergie $\Delta W_c = (W_X - W_Y)$.
3-) Montrez que si l'interaction forte est indépendante de la charge des nucléons, alors ΔM ne dépend que de ΔW_c et de $(M_H - M_n)$.

Problème 2

Le ^{22}Na de période $T = 2.6$ ans, se désintègre vers le premier état excité du Néon (^{22}Ne) à 1.27 MeV, soit par émission β^+ (dans 90% des cas) soit par capture électronique CE (10% des cas).

- 1) Quelle est la constante de désintégration partielle λ_{CE} et la période T_{CE} de la capture ?
2) Les excès de masse atomique du ^{22}Na et ^{22}Ne sont respectivement de -5.183 MeV et -8.025 MeV. a) Calculer l'énergie de désintégration Q_{CE} .
b) En déduire l'énergie T_ν et la longueur d'onde λ des neutrinos émis dans cette capture (on néglige le recul du noyau fils)
3) Estimer l'énergie $T_{\beta_{\max}}$ des e^+ émis lors de la transition β^+
4) Calculer l'énergie de recul du noyau de Néon après l'émission du γ de 1.27 MeV

Epreuve d'évaluation n°I
« Eléments de Physique Nucléaire »
Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de Cours

- Quelles sont les quatre forces d'interaction fondamentales connues ? Donner toutes les caractéristiques de l'Interaction Forte.
- Ecrire la formule semi-empirique de Bethe et Weizsäcker donnant l'énergie de liaison $B(A,Z)$ d'un noyau $X(A,Z)$. Quelle est la signification de chacun de ses termes ?

Exercice I

1- Calculer le déficit de masse du noyau ${}_{92}^{235}\text{U}$, en unité de masse atomique puis en MeV/c^2 .

On donne $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,99332 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_p = 1,00728 \text{ u}$

- Calculer, en Joule puis en MeV, l'énergie de liaison de ce noyau. En déduire l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
- Comparer la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau de radium 226 ($Z=88$) dont l'énergie de liaison par nucléon est de 7,66 MeV.

Exercice II

On considère les noyaux suivants : ${}_{10}^{20}\text{Ne}$; ${}_{30}^{64}\text{Zn}$; ${}_{50}^{120}\text{Sn}$; ${}_{90}^{232}\text{Th}$

- Calculer l'énergie potentielle E_p de répulsion coulombienne de ces noyaux (On donne $a_c = 0.69 \text{ MeV}$)
- Faire un calcul approximatif rapide de l'énergie de liaison $B(A,Z)$ des forces nucléaires, pour chacun de ces noyaux. Comparer aux résultats de la question 1)
- Quelle est l'influence de la répulsion coulombienne entre les protons, sur l'énergie de liaison totale $B(A, Z)$ de chacun de ces noyaux

..... Voir page suivante →

Epreuve d'évaluation n°I
« Eléments de Physique Nucléaire »
Parcours PI & ME - Semestre S6

Questions de Cours

a) Quelles sont les quatre forces d'interaction fondamentales connues ? Donner toutes les caractéristiques de l'Interaction Forte.

b) Ecrire la formule semi-empirique de Bethe et Weizsäcker donnant l'énergie de liaison $B(A,Z)$ d'un noyau $X(A,Z)$. Quelle est la signification de chacun de ses termes ?

Exercice I

1- Calculer le défaut de masse du noyau $^{235}_{92}\text{U}$, en unité de masse atomique puis en MeV/c^2 .

On donne $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,99332 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_p = 1,00728 \text{ u}$

2- Calculer, en Joule puis en MeV , l'énergie de liaison de ce noyau. En déduire l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.

3- Comparer la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau de radium 226 ($Z=88$) dont l'énergie de liaison par nucléon est de $7,66 \text{ MeV}$.

Exercice II

On considère les noyaux suivants : $^{20}_{10}\text{Ne}$; $^{64}_{30}\text{Zn}$; $^{120}_{50}\text{Sn}$; $^{232}_{90}\text{Th}$

1) Calculer l'énergie potentielle E_p de répulsion coulombienne de ces noyaux
(On donne $a_c = 0.69 \text{ MeV}$)

2) Faire un calcul approximatif rapide de l'énergie de liaison $B(A,Z)$ des forces nucléaires, pour chacun de ces noyaux. Comparer aux résultats de la question 1)

3) Quelle est l'influence de la répulsion coulombienne entre les protons, sur l'énergie de liaison totale $B(A, Z)$ de chacun de ces noyaux

..... Voir page suivante →

Exercice III

- 1) Ecrire la réaction de désintégration du radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ par émission α . Donner l'expression de l'énergie de désintégration Q_α et montrer que l'émission n'est possible que si $Q_\alpha > 0$.
- 2) En utilisant les masses des noyaux du tableau ci-dessous, calculer en u.m.a et en MeV/c^2 , les défauts de masse (Δm) des noyaux $^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α .
- 3) Déterminer l'énergie de liaison par nucléon pour les trois noyaux $^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α .
- 4) Classer les noyaux $^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α du moins stable au plus stable. Justifier votre classement.
- 5) En utilisant les défauts de masse (Δm) calculer Q_α . Cette désintégration libère-t-elle de l'énergie ? Expliquez brièvement.
En déduire une valeur approximative de l'énergie cinétique T_α de la particule α émise dans cette désintégration.

^{226}Ra	^{222}Rn	α	p	n
225,97786 u	221,97108 u	4,002603 u	1,00728 u	1,00866 u

Exercice III

- 1) Ecrire la réaction de désintégration du radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ par émission α . Donner l'expression de l'énergie de désintégration Q_α et montrer que l'émission n'est possible que si $Q_\alpha > 0$.
- 2) En utilisant les masses des noyaux du tableau ci-dessous, calculer en u.m.a et en MeV/c², les défauts de masse (Δm) des noyaux ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α .
- 3) Déterminer l'énergie de liaison par nucléon pour les trois noyaux ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α .
- 4) Classer les noyaux ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, X et α du moins stable au plus stable. Justifier votre classement.
- 5) En utilisant les défauts de masse (Δm) calculer Q_α . Cette désintégration libère t'elle de l'énergie ? Expliquez brièvement
En déduire une valeur approximative de l'énergie cinétique T_α de la particule α émise dans cette désintégration.

${}^{226}\text{Ra}$	${}^{222}\text{Rn}$	α	p	n
225,97786 u	221,97108 u	4,002603 u	1,00728 u	1,00866 u

Epreuve de Physique nucléaire, physique subatomique 1
Durée 90 minutes

1,5 pt

I. Des électrons en mouvement dans le vide peuvent-ils créer des rayons X de freinage ? Justifier votre réponse.

3,5 pts

II. Considérons des électrons soumis à une différence de potentiel de 600 kV qui entrent en contact avec une plaque métallique.

1. Calculer l'énergie cinétique acquise par les électrons accélérés.

2. Calculer la longueur d'onde des rayons X les plus énergétiques produits par les électrons dans la plaque.

Données : Constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J's ; vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

5 pts

III. 1. Calculer la quantité de mouvement d'une particule associée à la longueur d'onde de de Broglie de $6,21 \cdot 10^{-14}$ m.

a. dans le cas d'un électron

b. dans le cas d'un neutron

2. Déterminer l'énergie cinétique, exprimée en MeV :

a. dans le cas de l'électron

b. dans le cas du neutron

Données : La constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J's ; la vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J ; énergie de masse au repos de l'électron 0,511 MeV ; énergie de masse au repos du neutron 939,6 MeV

10 pts

IV. L'énergie totale de liaison du noyau de $^{56}_{26}\text{Fe}$ est : $B(56,26) = 492,263285\text{MeV}$.

1. Rappeler l'expression de l'énergie de séparation $S_n(A,Z)$ du dernier neutron d'un noyau A_ZX .

2. Calculer l'énergie de liaison par nucléon du $^{56}_{26}\text{Fe}$

3. Déterminer la masse atomique $M(56,26)$ du $^{56}_{26}\text{Fe}$

4. On donne les variations des énergies totales de liaison entre trois isotopes du fer :

$$B(57,26) - B(56,26) = 7,645752\text{MeV}$$

$$B(56,26) - B(55,26) = 11,197561\text{MeV}$$

Calculer les masses atomiques des isotopes $^{57}_{26}\text{Fe}$ et $^{55}_{26}\text{Fe}$

5. Quelles sont les valeurs de l'énergie de séparation du dernier neutron pour les noyaux : $^{57}_{26}\text{Fe}$, $^{56}_{26}\text{Fe}$ et $^{55}_{26}\text{Fe}$? Commenter ces résultats.

6. Calculer la masse d'une mole de fer, composée des quatre isotopes suivants : ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe et ^{58}Fe .

On donne : masse du neutron $m_n = 1,008665$ u ; masse atomique de ^1_1H : $M(1,1) = 1,007825$ u ;

masse atomique du $^{54}_{26}\text{Fe}$: $M(54,26) = 53,939610$ u ; masse atomique du $^{58}_{26}\text{Fe}$

$$M(58,26) = 57,933276$$

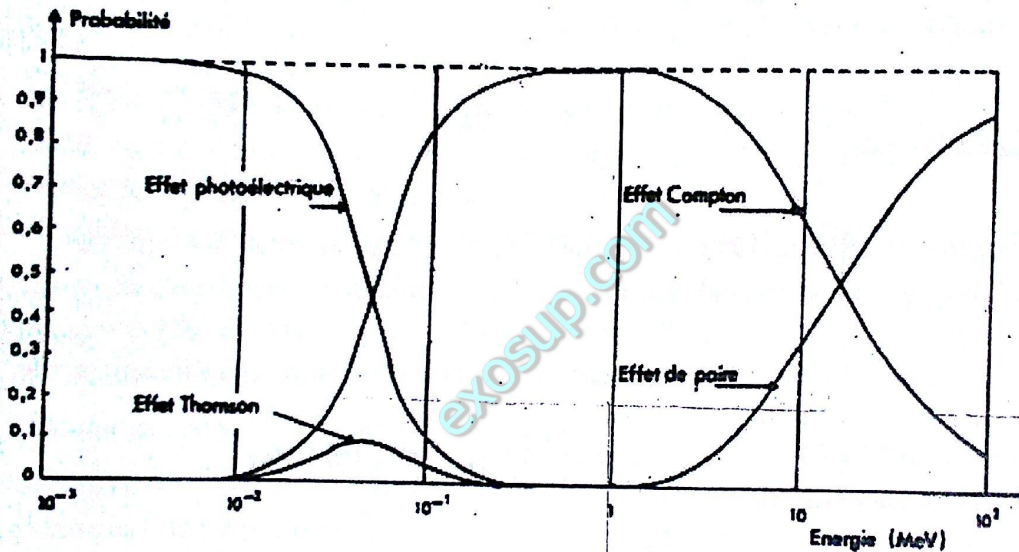
Abondances isotopiques : $\theta(^{54}\text{Fe}) : 5,845\%$; $\theta(^{56}\text{Fe}) : 91,754\%$; $\theta(^{57}\text{Fe}) : 2,119\%$ et $\theta(^{58}\text{Fe}) : 0,282\%$

Epreuve d'évaluation n°II

I) Questions de cours

A / Décrire les trois principaux mécanismes d'interaction des photons gamma avec la matière. Donner un schéma pour chacun d'eux.

B / Commenter brièvement la figure ci-dessous :



Exercice 1 :

L'isotope $^{40}_{19}\text{K}$ du potassium se désintègre par émission β vers le fondamental du $^{40}_{20}\text{Ca}$ et par capture électronique (CE) vers le premier état excité de l'argon $^{40}_{18}\text{Ar}$. Cet état se désexcite vers le fondamental en émettant un gamma de 1.46 MeV. Les périodes de ces deux émissions sont $T(\beta) = 1,43 \cdot 10^9$ ans et $T(\text{CE}) = 1,20 \cdot 10^{10}$ ans.

- Etablir le schéma de désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$
- Calculer la période T du $^{40}_{19}\text{K}$
- Soit $N(\gamma)$ le nombre de photons et $N(\beta)$ le nombre d'électrons observés pendant le même intervalle de temps. Calculer le rapport $N(\gamma)/N(\beta)$

Exercice 2 : Filiation radioactive

On considère la désintégration en chaîne suivante : $X_1 \longrightarrow X_2 \longrightarrow S$

Soit N_0 le nombre de noyaux X_1 présents à l'instant initial t_0 (il n'y a pas de noyau X_2).

On désigne respectivement par $N_1(t)$, $N_2(t)$, $N_s(t)$ les nombres de noyaux présents à l'instant t et par T_1 et T_2 les demi-vie de X_1 et X_2 .

- 1) Donner les expressions de $N_1(t)$, $N_2(t)$, $N_s(t)$. Les représenter sur un même graphique $N = f(t)$
- 2) Montrer que $N_2(t)$ passe par un maximum à un instant τ et donner l'expression de τ en fonction de T_1 et T_2
- 3) Etablir l'expression de l'activité $A_2(t)$ en fonction des constantes de désintégration λ_1 et λ_2 et étudier les cas où $T_1 \gg T_2$ et $T_1 \ll T_2$

Exercice 3 : Radioactivité

- 1) Une source radioactive d'iode-131 (^{131}I) de masse $m = 0,1 \text{ mg}$ présente une activité $A = 460 \cdot 10^9 \text{ Bq}$. Calculer la période radioactive $T_{1/2}$ de l'iode-131.
- 2) Trois sources radioactives X_1 , X_2 , X_3 ont chacune une activité de 1 mCi à l'instant $t = 0$. Leurs périodes sont $T_1 = 1.0 \text{ mn}$, $T_2 = 1.0 \text{ h}$, $T_3 = 1 \text{ jour}$.
Calculez leurs activités A_1 , A_2 , A_3 aux temps $t = 1 \text{ s}$, 1 mn , 1 h , 1 jour .
(Présenter les résultats dans un tableau)
- 3) On prélève un échantillon de bois sur une poutre ancienne bien conservée. La mesure de l'activité de cet échantillon donne $A = 1307$ désintégrations par minute (dpm). La même mesure, sur un morceau de bois récent et de même masse, donne une activité $B = 1720 \text{ dpm}$. **Déterminer l'âge** de la poutre.

Parcours PI & ME - Semestre S6
« Eléments de Physique Nucléaire »
Epreuve de Rattrapage

Durée : 90 mn

Question de cours :

- Etablir les conditions d'instabilités par émission β^+ d'un noyau X (A, Z) en fonction des masses atomiques des noyaux père et fils.
- Pour quelles raisons faut-il prendre en compte le neutrino dans ces désintégrations ? $\leftarrow$

Partie 1

- 1) Le ^{82}Br ($Z=35$) émet des β^- d'énergie cinétique maximale $T_{\beta\text{max}} = 0,456 \text{ MeV}$. Ces β^- sont émis en coïncidence avec des γ d'énergie $E_\gamma = 2,62 \text{ MeV}$.
 - Faites le schéma de désintégration
 - Calculez la masse atomique du noyau fils Kr (Krypton). [$M(^{82}\text{Br}) = 81,91679 \text{ uma}$]
- 2) Les β^- de désintégration de ^{141}Ce ($Z=58$) sont émis avec des énergies cinétiques maxima $T_{\beta\text{max}} = 0,435 \text{ MeV}$ et $T'_{\beta\text{max}} = 0,58 \text{ MeV}$. L'expérience montre que 30% des β^- sont émis en coïncidence avec des γ d'énergie $E_\gamma = 0,145 \text{ MeV}$ et qu'il n'existe pas d'autre γ .
Calculer la masse de l'atome ^{141}Ce . (Masse atomique de $^{141}\text{Pt}_{59} = 140,90759 \text{ u}$)
- 3) Le Sodium $^{20}_{11}\text{Na}$ se désintègre vers un état excité du ^{20}Ne par émission d'un positron d'énergie cinétique maximale égale à 5,5 MeV. Cet état excité se désintègre par émission α vers le fondamentale de l' ^{16}O . Calculer l'énergie cinétique T_α de la particule émise.
On donne les masses atomiques en uma : $M(^{20}\text{Na}) = 20,007344$; $M(^{20}\text{Ne}) = 19,992436$

Partie 2 :

Le sodium 24 ($^{24}_{11}\text{Na}$), très utilisé en médecine, est obtenu en bombardant du sodium stable ^{23}Na par des neutrons. Le sodium 24 de période $T = 15 \text{ h}$ est émetteur β^- avec $T_{\beta\text{max}} = 700 \text{ keV}$. Cette désintégration conduit à un état excité du magnésium ^{24}Mg . Le retour vers l'état fondamental du ^{24}Mg s'accompagne de l'émission instantanée de deux photons successifs d'énergies $E_1 = 2754 \text{ keV}$ et $E_2 = 1369 \text{ keV}$.

1. Ecrire les réactions de formation et de désintégration du ^{24}Na .
2. Donnez son schéma de désintégration
3. Le sang humain ne contient pas de sodium 24. A la date $t = 0$, on injecte à un patient une solution de chlorure de sodium contenant $N_0 = 4,0 \cdot 10^{20}$ noyaux de sodium 24. Déterminer le nombre de noyaux $^{24}_{11}\text{Na}$ restant dans le sang du patient aux instants $t_1 = 15 \text{ h}$, $t_2 = 20 \text{ h}$, $t_3 = 30 \text{ h}$ et $t_4 = 45 \text{ h}$. (Présentez vos résultats dans tableau)

Epreuve de Physique nucléaire, physique subatomique 1

Durée 90 minutes

1,5 pt

- I. Des électrons en mouvement dans le vide peuvent-ils créer des rayons X de freinage ? Justifier votre réponse.

3,5 pts

- II. Considérons des électrons soumis à une différence de potentiel de 600 kV qui entrent en contact avec une plaque métallique.

1. Calculer l'énergie cinétique acquise par les électrons accélérés.
2. Calculer la longueur d'onde des rayons X les plus énergétiques produits par les électrons dans la plaque.

Données : Constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s ; vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

5 pts

- III. 1. Calculer la quantité de mouvement d'une particule associée à la longueur d'onde de de Broglie de $6,21 \cdot 10^{-14}$ m.

- a. dans le cas d'un électron
- b. dans le cas d'un neutron

2. Déterminer l'énergie cinétique, exprimée en MeV :

- a. dans le cas de l'électron
- b. dans le cas du neutron

Données : La constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s ; la vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J ; énergie de masse au repos de l'électron 0,511 MeV ; énergie de masse au repos du neutron 939,6 MeV

10 pts

- IV. L'énergie totale de liaison du noyau de $^{56}_{26}\text{Fe}$ est : $B(56,26) = 492,263285 \text{ MeV}$.

1. Rappeler l'expression de l'énergie de séparation $S_n(A,Z)$ du dernier neutron d'un noyau A_ZX .

2. Calculer l'énergie de liaison par nucléon du $^{56}_{26}\text{Fe}$

3. Déterminer la masse atomique $M(56,26)$ du $^{56}_{26}\text{Fe}$

4. On donne les variations des énergies totales de liaison entre trois isotopes du fer :

$$B(57,26) - B(56,26) = 7,645752 \text{ MeV}$$

$$B(56,26) - B(55,26) = 11,197561 \text{ MeV}$$

5. Calculer les masses atomiques des isotopes $^{57}_{26}\text{Fe}$ et $^{55}_{26}\text{Fe}$

6. Quelles sont les valeurs de l'énergie de séparation du dernier neutron pour les noyaux : $^{57}_{26}\text{Fe}$, $^{56}_{26}\text{Fe}$ et $^{55}_{26}\text{Fe}$? Commenter ces résultats.

7. Calculer la masse d'une mole de fer, composée des quatre isotopes suivants : ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe et ^{58}Fe .

On donne : masse du neutron $m_n = 1,008665 \text{ u}$; masse atomique de ^1_1H : $M(1,1) = 1,007825 \text{ u}$;

masse atomique du $^{54}_{26}\text{Fe}$: $M(54,26) = 53,939610 \text{ u}$; masse atomique du $^{58}_{26}\text{Fe}$:

$$M(58,26) = 57,933276 \text{ u}$$

Abondances isotopiques : $0(^{54}\text{Fe}) : 5,845\%$; $0(^{56}\text{Fe}) : 91,754\%$; $0(^{57}\text{Fe}) : 2,119\%$ et $0(^{58}\text{Fe}) : 0,282\%$

g : }

13/11/2014

Module 29 : épreuve de physique nucléaire, physique subatomique 1
Evaluation 2 - durée : 90 minutes

3 pts: Question de cours:

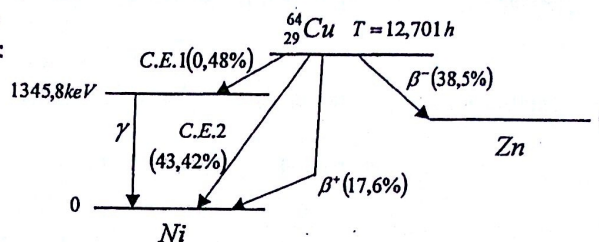
a. Identifier les termes de la formule de Bethe pour des particules très ionisantes de vitesse non relativiste :

$$\left| -\frac{dE}{dx} \right| = \frac{z^2 e^4}{4\pi\epsilon_0^2 m v^2} nZ \ln\left(\frac{2mv^2}{I}\right)$$

b. Donner, en explicitant les paramètres, une formule simplifiée du transfert linéique d'énergie

Exercice 1 : Les parties A. et B. sont indépendantes.

Considérons le schéma de désintégration du Cu-64 :



Données: masses atomiques des éléments présents sur le schéma de désintégration :

$$M(^{64}_{29}\text{Cu}) = 63,929764u ; M(\text{Zn}) = 63,929142u ; M(\text{Ni}) = 63,927966u .$$

Equivalent énergétique de la masse de l'électron au repos : $0,511\text{MeV}/c^2$.

Equivalent énergétique de l'unité de masse atomique : $931,5\text{MeV}/c^2$.

Nombre d'Avogadro: $6,02 \times 10^{23}/\text{mol}$.

6,5 pts A. 1. Donner la composition du noyau de $^{64}_{29}\text{Cu}$.

2. Ecrire les équations de désintégration possibles du ^{64}Cu .

3. a. Donner la probabilité d'émission de la particule β^- .

b. Calculer l'énergie maximale emportée par la particule β^- .

4. a. Donner la probabilité d'émission de la particule β^+ .

b. Calculer l'énergie maximale emportée par la particule β^+ .

5. Donner l'énergie et la probabilité d'émission des photons gamma observés au voisinage de l'échantillon.

5,5 pts B. On considère un échantillon de Cu-64 d'activité $a_0 = 100\text{ MBq}$.

1. Calculer la valeur de la constante radioactive

2. Calculer le nombre de noyaux de ^{64}Cu présents dans l'échantillon

3. Calculer la masse de l'échantillon

4. Calculer la durée au bout de laquelle l'échantillon aura perdu 75% de son activité.

5. Quel est le nombre de neutrinos émis par seconde par l'échantillon? Justifier la réponse.

6. Existe d'autres particules émises lors de la désintégration du ^{64}Cu ? Si oui donner leur taux d'émission.

5 pts Exercice 2. Un écran métallique d'épaisseur 1mm transmet 70% de photons X d'énergie E_1 et 10% de photons X d'énergie E_2 .

1. Calculer les coefficients d'atténuation μ_1 et μ_2 correspondant aux énergies E_1 et E_2 .

2. Calculer les couches de demi-atténuation CDA_1 et CDA_2 correspondant aux énergies E_1 et E_2 .

3. Quelle est la plus grande énergie E_1 ou E_2 ? Justifier.

4. Déterminer la fraction transmise de l'intensité incidente à travers l'écran métallique pour un faisceau de photons constitué pour moitié des rayons X d'énergie E_1 et pour moitié des rayons X d'énergie E_2 .

Module 29 : épreuve de physique nucléaire, physique subatomique 1
Evaluation 2 - durée : 90 minutes

3 pts Question de cours:

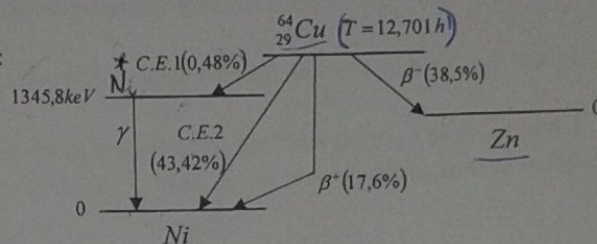
a. Identifier les termes de la formule de Bethe pour des particules très ionisantes de vitesse non relativiste :

$$\left| -\frac{dE}{dx} \right| = \frac{z^2 e^4}{4\pi\epsilon_0^2 m v^2} nZ \ln \left(\frac{2mv^2}{I} \right)$$

b. Donner, en explicitant les paramètres, une formule simplifiée du transfert linéique d'énergie

Exercice 1 : Les parties A. et B. sont indépendantes.

Considérons le schéma de désintégration du Cu-64 :



Données: masses atomiques des éléments présents sur le schéma de désintégration :

$$M(^{64}_{29}\text{Cu}) = 63,929764u ; M(\text{Zn}) = 63,929142u ; M(\text{Ni}) = 63,927966u .$$

Equivalent énergétique de la masse de l'électron au repos : $0,511 \text{ MeV}/c^2$.

Equivalent énergétique de l'unité de masse atomique : $931,5 \text{ MeV}/c^2$.

Nombre d'Avogadro: $6,02 \times 10^{23} / \text{mol}$.

6,5 pts

A. 1. Donner la composition du noyau de $^{64}_{29}\text{Cu}$

2. Ecrire les équations de désintégration possibles du ^{64}Cu .

3. a. Donner la probabilité d'émission de la particule β^- .

b. Calculer l'énergie maximale emportée par la particule β^- .

4. a. Donner la probabilité d'émission de la particule β^+ .

b. Calculer l'énergie maximale emportée par la particule β^+ .

5. Donner l'énergie et la probabilité d'émission des photons gamma observés au voisinage de l'échantillon.

5,5 pts

B. On considère un échantillon de Cu-64 d'activité $a_0 = 100 \text{ MBq}$.

1. Calculer la valeur de la constante radioactive

2. Calculer le nombre de noyaux de ^{64}Cu présents dans l'échantillon

3. Calculer la masse de l'échantillon

4. Calculer la durée au bout de laquelle l'échantillon aura perdu 75% de son activité.

5. Quel est le nombre de neutrinos émis par seconde par l'échantillon? Justifier la réponse.

6. Existe d'autres particules émises lors de la désintégration du ^{64}Cu ? Si oui donner leur taux d'émission.

5 pts

Exercice 2. Un écran métallique d'épaisseur 1mm transmet 70% de photons X d'énergie E_1 et 10% de photons X d'énergie E_2 .

1. Calculer les coefficients d'atténuation μ_1 et μ_2 correspondant aux énergies E_1 et E_2 .

2. Calculer les couches de demi-atténuation CDA_1 et CDA_2 correspondant aux énergies E_1 et E_2 .

3. Quelle est la plus grande énergie E_1 ou E_2 ? Justifier.

4. Déterminer la fraction transmise de l'intensité incidente à travers l'écran métallique pour un faisceau de photons constitué pour moitié des rayons X d'énergie E_1 et pour moitié des rayons X d'énergie E_2 .

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N_0 = 6,59 \times 10^{12} \times e^{-1,52 \times 10^{-5} \times 9,12 \times 10^4}$$

$$N(t) = 1,66 \times 10^{12} \text{ au premier instant}$$

nombre de neutrons de unité grs

$$N' = N_0 - N(t) = 6,59 \times 10^{12} - 1,66 \times 10^{12}$$

$$N' = 4,94 \times 10^{12} \text{ de neutrons}$$

$$\sigma_1 = \frac{\lambda_{\sigma_1}}{\lambda_{\sigma_1} + \lambda_{\sigma_2} + \lambda_{\sigma_3}} = 0,176$$

$$\frac{\lambda_{\sigma_1}}{\lambda_{\sigma_1} + \lambda_{\sigma_2} + \lambda_{\sigma_3}} = 0,0068$$

$$\frac{\lambda_{\sigma_2}}{\lambda_{\sigma_1} + \lambda_{\sigma_2} + \lambda_{\sigma_3}} = 0,1342$$

$$\Rightarrow N_v = (0,176 + 0,1342 + 0,0068) \times 1,52 \times 10^{-5} \times 4,94 \times 10^{12}$$

$$N_v = 1,62 \times 10^7 \text{ neutrons/seconde}$$

6. Oui. γ et $\bar{\gamma}$

taux d'émission = λ = taux de désintégration

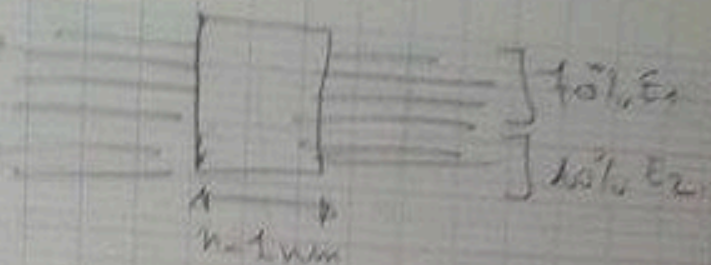
$$\frac{\lambda_{\gamma}}{\lambda} = 0,0068 \Rightarrow \lambda_{\gamma} = 0,0048 \times 1,52 \times 10^{-5}$$

$$\lambda_{\gamma} = 7,296 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_{\bar{\gamma}} = 0,385 \times 1,52 \times 10^{-5} = 5,852 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

Ex 9

1)



$$I_t = I_0 e^{-\mu x}$$

$$\Rightarrow I_{t1} = \frac{70}{100} I_0$$

$$I_{t2} = \frac{10}{100} I_0$$

$$\begin{cases} \frac{70}{100} = e^{-\mu_1 x} \\ \frac{10}{100} = e^{-\mu_2 x} \end{cases}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{100}{70} \right)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{100}{10} \right)$$

$$\mu_1 = \frac{1}{10^{-2}} \ln \left(\frac{100}{70} \right) = 3,57 \text{ cm}^{-1}$$

$$\mu_2 = \frac{1}{10^{-2}} \ln \left(\frac{100}{10} \right) = 23,02 \text{ cm}^{-1}$$

$$2 - I_t(x = \mu_{CPA}) = \frac{I_0}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\mu \mu_{CPA}} \Rightarrow \mu_{CPA} = \frac{\ln(2)}{\mu}$$

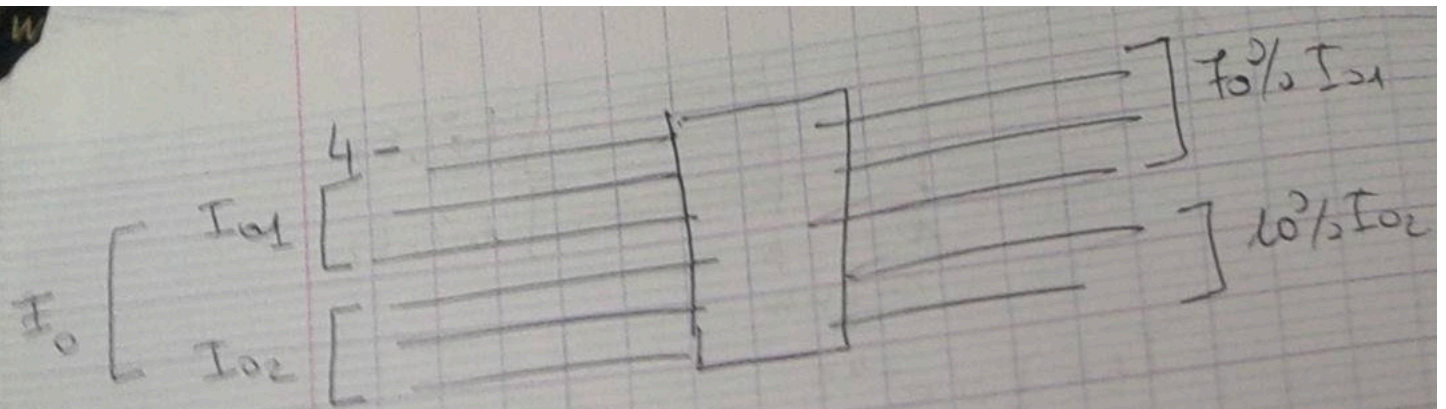
$$\mu_{CPA1} = \frac{\ln(2)}{\mu_1} = \frac{\ln(2)}{3,57} = 0,19 \text{ cm}$$

$$\mu_{CPA2} = \frac{\ln(2)}{\mu_2} = \frac{\ln(2)}{23,02} = 0,03 \text{ cm}$$

$$3 - \mu_{CPA} \nearrow \quad \mu \nearrow \quad E \searrow$$

$$\Rightarrow \mu_{CPA1} > \mu_{CPA2}$$

$$E_1 > E_2$$



$$I_t = 70\% I_{01} + 10\% I_{02}$$

$$\frac{I_t}{I_0} = \frac{70\% I_{01} + 10\% I_{02}}{I_0}$$

$$\text{or } I_{01} = I_{02} = \frac{I_0}{2}$$

$$\frac{I_t}{I_0} = \frac{1}{2} (70\% + 10\%) = 0.4$$

Module 29 : épreuve de physique nucléaire, physique subatomique 1
Rattrapage - durée : 90 minutes

3 pts I. 1. Rappeler l'expression de l'énergie cinétique relativiste d'un corpuscule, en précisant tous les termes.

2. Le mouvement d'une particule de vitesse v est considéré relativiste lorsque le rapport, $\beta = v/c$ est supérieur à β_0 . Déterminer la valeur de l'énergie cinétique à partir de laquelle le mouvement d'un électron devient relativiste.

Donnée : Équivalent énergétique de la masse de l'électron au repos : $511 \text{ keV}/c^2$. $\beta_0 = 0,12$

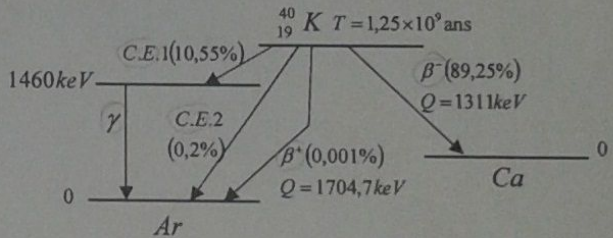
3 pts II. 1. Rappeler la loi d'atténuation d'un faisceau parallèle monochromatique de rayons γ , en précisant tous les termes

2. Une épaisseur $x=d$ d'un métal absorbe un cinquième ($1/5$) de l'énergie des rayonnements γ d'un faisceau parallèle monochromatique. Quelle fraction de ces rayonnements sera absorbée par une épaisseur $x=2d$ du métal ?

4,5 pts III. On trouve dans une météorite (roche provenant de l'espace) les isotopes du potassium-40 et d'argon (Ar, produit par désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$). On suppose qu'à l'instant où la météorite est tombée sur Terre, elle contenait du $^{40}_{19}\text{K}$ mais ne contenait pas de Ar. On suppose aussi que l'argon produit par désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$ n'a pas quitté la roche. Cette roche contient $5 \times 10^{-5} \text{ g}$ de Ar et 1 g de $^{40}_{19}\text{K}$ par kilogramme de roche.

1. Ecrire les équations de tous les modes de désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$.

2. Calculer le temps écoulé entre le moment où la météorite est tombée sur Terre et le moment où les masses ont été mesurées (l'âge de la météorite).



9,5 pts IV. 1. a. Décrire l'interaction par effet Compton.

b. Faire un schéma simplifié de l'interaction.

2. Dans quel domaine d'énergie du photon incident l'effet Compton est-il prépondérant ?

3. Ecrire les équations de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement appliquées à l'interaction Compton, en identifiant tous les paramètres.

4. Etablir, en fonction des paramètres du problème (énergie du photon incident, masse de l'électron ...etc ..) les expressions de :

a. L'énergie du photon diffusé. Que devient-elle pour les angles de diffusion $\theta=0$? et $\theta=\pi$.

b. L'énergie cinétique de l'électron émis. Qu'elle est son expression pour $\theta=0$? et $\theta=\pi$.

c. Commenter les résultats des questions a. et b.

Module 29 : épreuve de physique nucléaire, physique subatomique 1
Rattrapage - durée : 90 minutes

3 pts I. 1. Rappeler l'expression de l'énergie cinétique relativiste d'un corpuscule, en précisant tous les termes.

2. Le mouvement d'une particule de vitesse v est considéré relativiste lorsque le rapport, $\beta = v/c$ est supérieur à β_0 . Déterminer la valeur de l'énergie cinétique à partir de laquelle le mouvement d'un électron devient relativiste.

Donnée : Équivalent énergétique de la masse de l'électron au repos : $511 \text{ keV}/c^2$. $\beta_0 = 0,12$

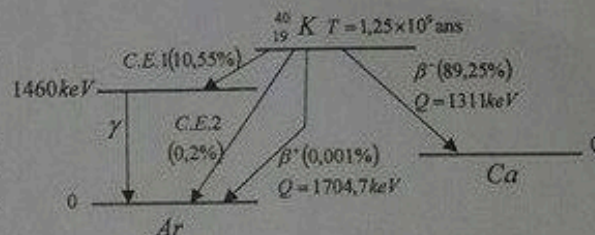
3 pts II. 1. Rappeler la loi d'atténuation d'un faisceau parallèle monochromatique de rayons γ , en précisant tous les termes

2. Une épaisseur $x=d$ d'un métal absorbe un cinquième ($1/5$) de l'énergie des rayonnements γ d'un faisceau parallèle monochromatique. Quelle fraction de ces rayonnements sera absorbée par une épaisseur $x=2d$ du métal ?

4,5 pts III. On trouve dans une météorite (roche provenant de l'espace) les isotopes du potassium-40 et d'argon (Ar, produit par désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$). On suppose qu'à l'instant où la météorite est tombée sur Terre, elle contenait du $^{40}_{19}\text{K}$ mais ne contenait pas de Ar. On suppose aussi que l'argon produit par désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$ n'a pas quitté la roche. Cette roche contient $5 \times 10^{-5} \text{ g}$ de Ar et 1 g de $^{40}_{19}\text{K}$ par kilogramme de roche.

1. Ecrire les équations de tous les modes de désintégration du $^{40}_{19}\text{K}$.

2. Calculer le temps écoulé entre le moment où la météorite est tombée sur Terre et le moment où les masses ont été mesurées (l'âge de la météorite).



9,5 pts IV. 1. a. Décrire l'interaction par effet Compton.
 b. Faire un schéma simplifié de l'interaction.
 2. Dans quel domaine d'énergie du photon incident l'effet Compton est-il prépondérant ?
 3. Ecrire les équations de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement appliquées à l'interaction Compton, en identifiant tous les paramètres.
 4. Etablir, en fonction des paramètres du problème (énergie du photon incident, masse de l'électron ...etc ...) les expressions de :
 a. L'énergie du photon diffusé. Que devient-elle pour les angles de diffusion $\theta=0$? et $\theta=\pi$.
 b. L'énergie cinétique de l'électron émis. Qu'elle est son expression pour $\theta=0$? et $\theta=\pi$.
 c. Commenter les résultats des questions a. et b.

cf 2015-2016 s5

Module 29: Physique nucléaire, physique subatomique 1

Evaluation – 90 minutes

Le $^{221}_{86}\text{Rn}$ se transforme soit en $^{217}_{84}\text{Po}$ par désintégration α soit en $^{221}_{87}\text{Fr}$ par désintégration β^- . Les constantes respectives de désintégration sont λ_α et λ_β et les périodes $T_{1/2}(\alpha)$ et $T_{1/2}(\beta)$. Les produits de désintégration sont à l'état fondamental.

On donne : Les périodes radioactives : $T_{1/2}(\alpha) = 1,89h$ et $T_{1/2}(\beta) = 32,1mn$.

Les masses atomiques : $M(^1\text{H}) = 1,007825 \text{ u}$; $M(^4\text{He}) = 4,002603 \text{ u}$;
 $M(^{217}\text{Po}) = 217,006335 \text{ u}$; $M(^{221}\text{Fr}) = 221,014255 \text{ u}$ et $M(^{221}\text{Rn}) = 221,015537 \text{ u}$.

Les masses : $m_n = 939,566 \text{ MeV}/c^2$; $m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$ et unité de masse atomique unifiée : $1u = 931,494 \text{ MeV}/c^2$.

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}^{-1}$; célérité de la lumière : $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;

$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

(10 pts)

1. Calculer les constantes partielles de désintégration λ_α et λ_β .
2. Déterminer, λ , la constante totale de désintégration du $^{221}_{86}\text{Rn}$.
3. Déterminer les rapports d'embranchement R_α et R_β correspondants à chaque voie de désintégration du $^{221}_{86}\text{Rn}$.
4. Calculer la période radioactive du $^{221}_{86}\text{Rn}$.
5. a. Quelle est l'énergie cinétique totale (MeV) des produits de la désintégration α ?
b. en déduire l'énergie cinétique emportée par la particule α .
6. a. Quelle est l'énergie cinétique totale (MeV) des produits de la désintégration β^- ?
b. En déduire l'énergie cinétique maximale emportée par la particule β^- .
7. Représenter le schéma de désintégration du $^{221}_{86}\text{Rn}$.

(3 pts)

8. a. Calculer l'énergie de liaison par nucléon du ^{221}Rn , du ^{221}Fr et du ^{217}Po .
b. Commenter brièvement les résultats obtenus.

(4,5 pts)

9. Déterminer la vitesse (maximale) des particules α et β^- émises.
10. Quelles sont les longueurs d'onde de de Broglie associées à ces particules α et β^- ?

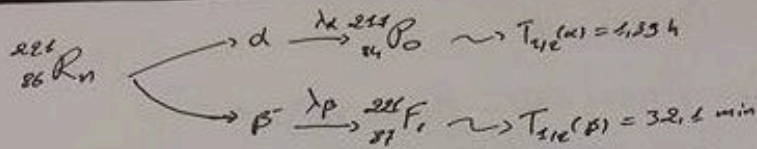
(2,5 pts)

11. Le parcours (en cm) d'une particule α dans l'air est donné par : $R_\alpha(\text{air}) \approx 0,318 E^{1,5}$.

E représente l'énergie cinétique (MeV) de la particule incidente. On considère que le pouvoir d'arrêt de α dans l'aluminium est 1600 fois plus grand que dans l'air.

- a. Déterminer le parcours de la particule α émise par ^{221}Rn dans l'air.
- b. Déterminer le parcours de la particule α émise par ^{221}Rn dans l'aluminium.
- c. Comparer les parcours obtenus et interpréter les résultats.

corrigé



$$1) \quad \lambda_\alpha = \frac{\ln 2}{T_{1/2}(\alpha)} = \frac{\ln 2}{4,33 \times 3600} = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_\beta = \frac{\ln 2}{T_{1/2}(\beta)} = \frac{\ln 2}{32,1 \times 60} = 3,53 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$2) \quad \lambda = \lambda_\alpha + \lambda_\beta = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$3) \quad R_\alpha = \frac{\lambda_\alpha}{\lambda} = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{4,6 \cdot 10^{-4}} = 0,219$$

$$R_\beta = \frac{\lambda_\beta}{\lambda} = \frac{3,53 \cdot 10^{-4}}{4,6 \cdot 10^{-4}} = 0,78$$

$$4) \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}(\text{Rn})} \rightsquigarrow T_{1/2}(\text{Rn}) = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{4,6 \cdot 10^{-4}} \\ T_{1/2}(\text{Rn}) = 1506,845$$

$$5) \quad Q_\alpha = [\Pi(222,186) - \Pi(217,114) - \Pi(4,2)]c^2 = T_{\text{Po}} + T_\alpha$$

(a) $Q = 6,146 \text{ MeV}$ (b) $\rightsquigarrow \text{Po}$ est produit au repos $\Rightarrow T_{\text{Po}} = 0$

$$\Rightarrow Q_\alpha = T_\alpha = [222,015537 - 217,006335 - 4,002603] \times 931,5$$

$$T_\alpha = 6,146 \text{ MeV}$$

(1)

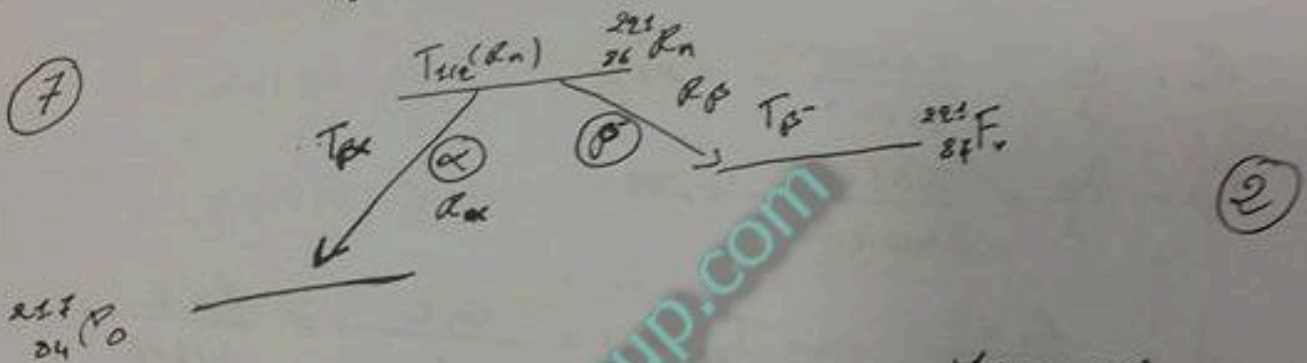
⑥. $Q_\beta = [M(A, Z) - M]$

⑦. $Q_\beta = [M(221, 86) - M(221, 87)] \times c^2$
 $= [221,015537 - 221,014255] \times 931,5$

$Q_\beta = 1,194 \text{ MeV}$

⑧. $Q_\beta = T_{\beta^-} + T_{F_r} + T_{\bar{\nu}_e}$
 $F_r \text{ et } \bar{\nu}_e \text{ sont produits au repos} \Rightarrow T_{F_r} = T_{\bar{\nu}_e} = 0$

$\Rightarrow Q_\beta = T_{\beta^-} = 1,194 \text{ MeV}$



⑧

$$\Delta(221, 86) = 86 M(1, 1) - 135 M_n - M(221, 86)$$

$$= 86 \times 1,007825 + \frac{135 \times 939,566}{931,5} - 221,015537$$

$$U.C^2 = 931,5 \text{ MeV} \Rightarrow \frac{\text{MeV}}{c^2} = \frac{1}{931,5} U$$

$\Delta(221, 86) = 1,826 U$

$B(221, 86) = \Delta(221, 86) \cdot c^2 = 1,826 \times 931,5$

$\Rightarrow B(221, 86) = 1701,29 \text{ MeV}$

$b(221, 86) = \frac{B(221, 86)}{221,86} = 7,698 \text{ MeV/nucleon}$

$$\Delta(221, 87) = 87 \times 1.007825 + 136 \times 1.008665 - 221.014255$$

$$= [87 \times 1.007825 + \frac{136 \times 939.566}{931.5} - 221.014255] \text{ MeV}$$

$$\Delta(221, 87) = 1.926 \text{ MeV}$$

$$B(221, 87) = 1701.70 \text{ MeV}$$

$$b(221, 87) = 7.70 \text{ MeV/nucleon.}$$

$$\Delta(217, 84) = 84 \times 1.007825 + \frac{133 \times 939.566}{931.5} - 217.006335$$

$$= 1.80 \text{ MeV}$$

$$B(217, 84) = 1679.15 \text{ MeV}$$

$$b(217, 84) = 7.73 \text{ MeV/nucleon.}$$

$$\textcircled{b} \quad b(217, 84) > b(221, 87) > b(224, 86)$$

$\Rightarrow P_0$ est le plus stable.

$\textcircled{c}$ d'après le cours

$$T_\alpha = Q_\alpha \left[\frac{M(217, 84)}{M(217, 84) + M(4, 2)} \right]$$

La particule α est une particule lourde $\Rightarrow$ est une particule non relativiste:

$$\frac{1}{2} M(4, 2) V^2 = Q_\alpha \left[\frac{M(217, 84)}{M(217, 84) + M(4, 2)} \right]$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{Q_\alpha \cdot 2}{M(4, 2)} \left[\frac{M(217, 84)}{M(217, 84) + M(4, 2)} \right]} = \sqrt{\frac{2 \times 6.146 \times 217.006335}{931.5}} = \sqrt{\frac{2.6603}{4.002603(217.006335 + 4.002603)}}$$

$$V = 0.0568 \text{ m/s}$$

~~$$V = \sqrt{\frac{2 T_\alpha}{m_{\alpha,2}}}$$~~

~~$$V = \sqrt{\frac{2 \times 6,146}{23,215 \times 4,002603}} = 0,0524 \text{ m/s}$$~~

* $T_{e^-} = \frac{1}{2} m_e V^2 \rightarrow V_{e^-} = \sqrt{\frac{2 T_e}{m_e}}$

$\Rightarrow V_{e^-} = \sqrt{\frac{2 \times 1,194}{9,11 \times 10^{-31}}} \Rightarrow V_{e^-} = 2,161 \text{ m/s}$

* $\lambda_\alpha = \frac{h}{p} = \frac{h}{m V_\alpha} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{4,002603 \times 0,0568}$

$\lambda_\alpha = 2,911 \times 10^{-33} \text{ s}^{-1}$

* $\lambda_\beta = \frac{h}{m V_e} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 931,5}{0,511 \times 2,161} = 5,58 \times 10^{-31} \text{ s}^{-1}$

(11)

(a)

$R_\alpha(\text{air}) \approx 0,318 \text{ E}^{1,5}$

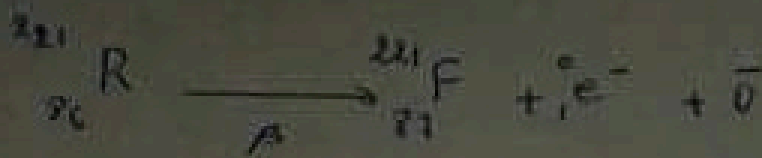
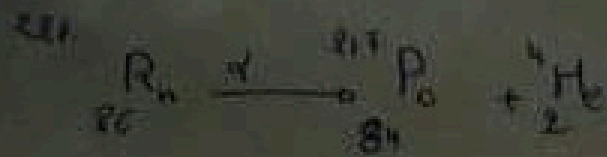
$\approx 0,318 \times (6,146)^{1,5}$

$R_\alpha(\text{air}) \approx 4,84 \text{ cm}$

(4)

(b)

$\frac{R_{\alpha(\text{air})}}{R_{\alpha(\text{Al})}} = \frac{1}{1600} \quad R_\alpha(\text{Al}) = \frac{R_\alpha(\text{air})}{1600} = 0,003025 \text{ cm}$



$$1) \quad \lambda_\alpha = \frac{\ln(2)}{T_\alpha} \text{ (s}^{-1}\text{)} \quad \lambda_\beta = \frac{\ln(2)}{T_\beta} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

seconde

2)

$$\lambda_{\text{tot}} = \lambda_\alpha + \lambda_\beta$$

3/

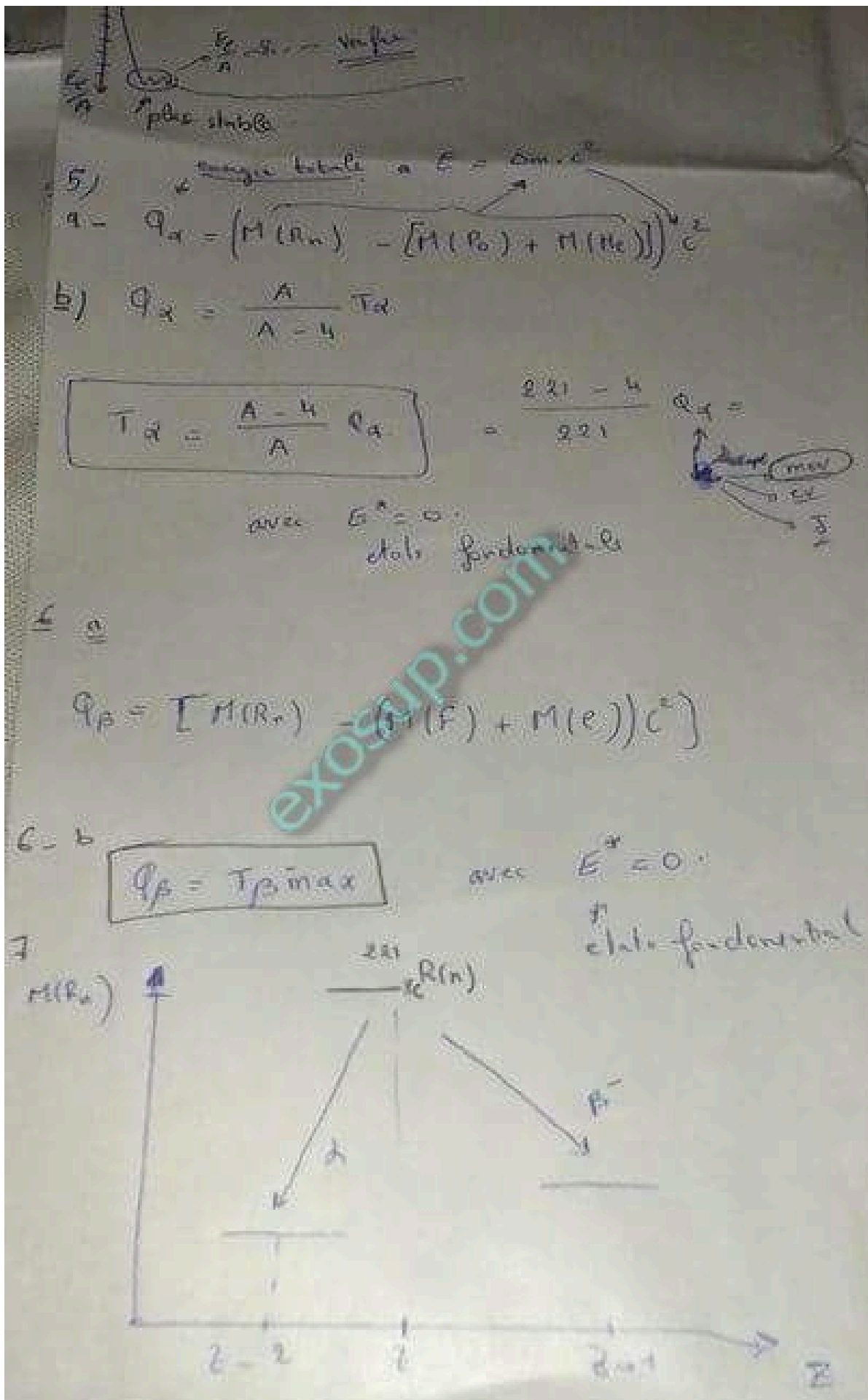
$$R_\alpha = \frac{\lambda_\alpha}{\lambda_{\text{tot}}} \quad \text{ou} \quad \frac{\lambda_{\text{tot}}}{\lambda_\alpha} \quad \text{Vérifier}$$

$$R_\beta = \frac{\lambda_\beta}{\lambda_{\text{tot}}} \quad \text{ou} \quad \text{La même chose}$$

4/

$$T = \lambda_{\text{tot}} \cdot \ln(2)$$

?



$$\frac{E}{A}(P_n)$$

$$E_c = Z m_p + (A - N) m_n - M(^A_Z X)$$

Energy per nucleon

$$\frac{E_{c(P_n)}}{A} = \text{MeV/nucleon}$$

22)

$$E_c(P_r) = Z m_p + (A - N) m_n - M(^A_Z P_r)$$

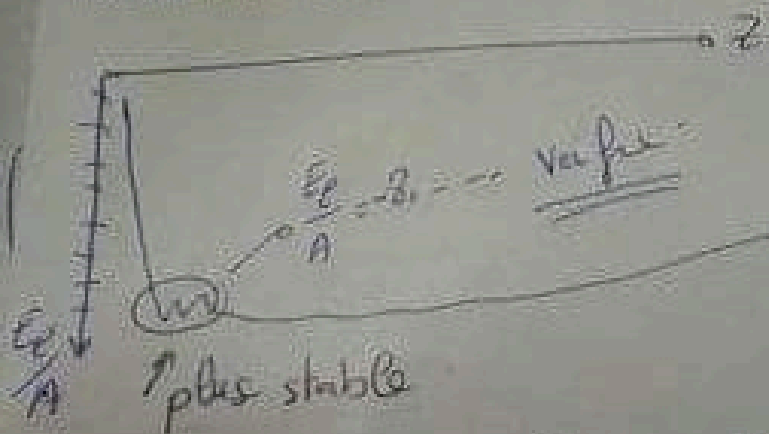
$$\frac{E_c(P_r)}{A} = \frac{E_c(P_r)}{221} = \text{MeV/nucleon}$$

P_0

$$E_c = E_{c(P_0)} = Z m_p + (A - N) m_n - M(P_0)$$

$$\frac{E_c}{A} = \text{MeV/nucleon}$$

Commentaire : étude la stabilité courbe



$$\text{énergie totale} = E = \Delta m \cdot c^2$$